

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-288677

(43)Date of publication of application : 04.10.2002

(51)Int.Cl. G06T 7/60
G01B 21/00
G06T 1/00
G06T 7/00

(21)Application number : 2001-089731

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 27.03.2001

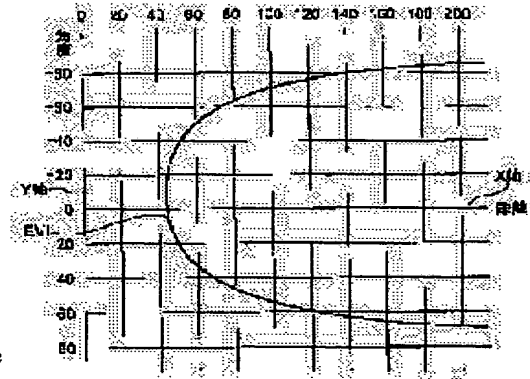
(72)Inventor : MITSUI TADASHI

(54) METHOD AND DEVICE FOR PATTERN EVALUATION, AND COMPUTER-READABLE RECORDING MEDIUM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method and a device for pattern evaluation and a recording medium with high speed, high accuracy, and high-added value.

SOLUTION: Image data on a pattern to be evaluated is acquired and processed to detect the coordinates of the edge points of the pattern; the edge point pairs of right and left edge points are combined with each other, the distances between the edge points of the edge point pairs and angles between straight lines joining the edge points. To each other and an X-axis are calculated to prepare a distance and angle distribution chart showing the distribution of these distances and angles; and the characteristic points of the distance and angle distribution chart are extracted according to the purpose of evaluation.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-288677
(P2002-288677A)

(43) 公開日 平成14年10月4日 (2002.10.4)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	FI	テマコード(参考)
G 0 6 T 7/60	1 5 0	G 0 6 T 7/60	1 5 0 P 2 F 0 6 9
G 0 1 B 21/00		G 0 1 B 21/00	1 5 0 J 5 B 0 5 7
G 0 6 T 1/00	3 0 5	G 0 6 T 1/00	D 5 L 0 9 6
			G
			3 0 5 A

審査請求 未請求 請求項の数46 O L (全 19 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-89731(P2001-89731)

(22) 出願日 平成13年3月27日(2001.3.27)

(71) 出願人 000003078
株式会社東芝
東京都港区芝浦一丁目1番1号

(72) 発明者 三井正
神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株
式会社東芝横浜事業所内

(74) 代理人 100075812
弁理士 吉武 賢次 (外5名)

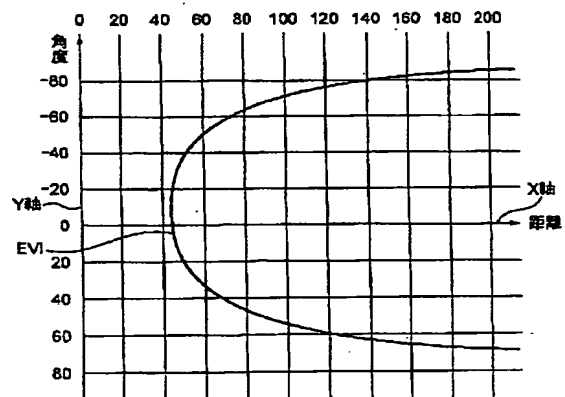
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 パターン評価方法、パターン評価装置およびコンピュータ読み取り可能な記録媒体

(57) 【要約】

【課題】 高速・高精度でかつ付加価値の高いパターン評価方法、パターン評価装置および記録媒体を提供する。

【解決手段】 評価対象であるパターンの画像データを取得し、この画像データを処理してパターンのエッジ点の座標を検出し、左右のエッジ点同士でエッジ点ペアを組み合わせ、各エッジ点ペアにおけるエッジ点間の距離と、各エッジ点間を結ぶ直線とX軸との角度とを算出し、これら距離および角度との分布を表わす距離角度分布図を作成し、この距離角度分布図の特徴点を評価目的に応じて抽出する。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】評価対象であるパターンの画像データの供給を受け、前記画像データを処理して前記画像における前記パターンのエッジ点の座標を検出するエッジ点検出過程と、

前記エッジ点同士でエッジ点ペアを組み合わせるペアリング過程と、

前記エッジ点ペアを構成する前記エッジ点間の距離と、前記エッジ点間を結ぶ直線と任意の軸線との間の角度とを算出する演算過程と、

前記エッジ点ペアの前記距離と前記角度との分布図を作成する距離角度分布図作成過程と、

前記分布図の特徴点を抽出する特徴点抽出過程と、

抽出された前記特徴点に基づいて前記パターンを解析する解析過程と、を備えるパターン評価方法。

【請求項2】前記ペアリング過程は、

前記パターンがラインパターンである場合は前記画像の一方側に位置するパターンエッジに属するエッジ点と、前記画像の他方側に位置するパターンエッジに属するエッジ点との間でペアリングを行い、

前記パターンが閉曲線パターンである場合は前記パターンの任意の分割線を選択してこの分割線を用いて前記パターンを二つに分割し、前記画像の一方側に位置する前記パターンエッジに属するエッジ点と前記画像の他方側に位置するパターンエッジに属するエッジ点との間でペアリングを行うことを特徴とする請求項1に記載のパターン評価方法。

【請求項3】前記特徴点抽出過程は、前記分布図を画像処理することにより前記特徴点を抽出することを特徴とする請求項1または2に記載のパターン評価方法。

【請求項4】前記画像データが格納される第1の記憶領域とは異なる第2の記憶領域に対応するメモリアドレスを前記分布図のデータに付加する記憶制御過程をさらに備えることを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載のパターン評価方法。

【請求項5】前記記憶制御過程は、前記エッジ点ペアごとに、前記距離および前記角度に基づいて仮想的なサブピクセルを比例配分し、前記分布図のデータを複数ビットの画像データとして前記メモリアドレスを付加することを特徴とする請求項1乃至4のいずれかに記載のパターン評価方法。

【請求項6】前記特徴点抽出過程は、前記分布図のデータまたは前記分布図の前記特徴点近傍のデータに濃淡を表わす階調値を付加する過程を含むことを特徴とする請求項1乃至5のいずれかに記載のパターン評価方法。

【請求項7】前記記憶制御過程は、前記エッジ点ペアの位置情報に基づいて前記分布図に前記画像データへの逆変換を可能にする復元用情報を付加する過程を含むことを特徴とする請求項1乃至6のいずれかに記載のパターン評価方法。

2

【請求項8】前記パターンは、理想形状で形成された理想パターンを少なくとも一つ含み、

前記特徴点抽出過程は、前記理想パターンから得られた前記分布図の特徴点である理想特徴点と、前記評価対象であるパターンから得られた前記分布図の特徴点とを抽出し、前記評価対象であるパターンから得られた特徴点における前記理想特徴点からの差異を出力する過程をさらに含むことを特徴とする請求項1乃至7のいずれかに記載のパターン評価方法。

10 【請求項9】前記パターンは、複数のパターンであり、前記距離角度分布図作成過程は、前記パターンごとの前記分布図が合成された第1の被合成分布図を作成する過程であり、

前記特徴点抽出過程は、前記第1の被合成分布図の一部の領域から前記パターンごとの前記特徴点と前記パターン間の相対的な位置関係を表わす前記特徴点とを抽出する過程であることを特徴とする請求項1乃至8のいずれかに記載のパターン評価方法。

20 【請求項10】前記画像データは、複数のパターンの画像データを含み、

前記ペアリング過程は、各パターンで対応するパターンエッジ間以外のペアリングを禁止する禁止ルールを設定する過程を含むことを特徴とする請求項1乃至9のいずれかに記載のパターン評価方法。

【請求項11】前記画像データは、複数のパターンの画像データを含み、

前記ペアリング過程は、各パターンで対応するパターンエッジ間以外のペアリングを行なうことを特徴とする請求項1乃至9のいずれかに記載のパターン評価方法。

30 【請求項12】前記パターンは、複数のパターンであり、

前記距離角度分布図作成過程は、各パターンごとに前記分布図を作成し、得られた前記分布図同士で画像演算処理を行なって第2の被合成分布図を作成し、

前記特徴点抽出過程は、前記第2の被合成分布図から前記特徴点を抽出して前記分布図合成された前記パターン同士の形状の相異を定量化する過程であることを特徴とする請求項1乃至11のいずれかに記載のパターン評価方法。

40 【請求項13】前記パターンは、複数のパターンであり、

前記距離角度分布図作成過程は、各パターンごとに前記分布図を作成し、

前記特徴点抽出過程は、各パターンごとに得られた前記分布図から前記特徴点を抽出し、得られた前記特徴点同士で演算処理を行ない、これらの特徴点同士の相異を定量化する過程であることを特徴とする請求項1乃至11のいずれかに記載のパターン評価方法。

50 【請求項14】前記パターンは、閉曲線パターンを含み、

3

前記特徴点抽出過程は、前記分布図の特徴曲線を設け、この特徴曲線に基づいて前記特徴点を抽出することを特徴とする請求項 1 乃至 13 のいずれかに記載のパターン評価方法。

【請求項 15】前記パターンは閉曲線パターンであり、前記ベアリング過程は、前記パターンの任意の分割線と前記閉曲線パターン内の任意の点とを選択し、前記分割線を前記任意の点を中心として任意の角度で回転させ、前記任意の角度ごとに前記分割線を用いて前記パターンを二つに分割し、前記画像の前記一方側に位置する前記第 1 のパターンエッジに属するエッジ点と前記画像の前記他方側に位置する第 2 のパターンエッジに属するエッジ点との間で前記任意の角度ごとにベアリングを行う過程であり、前記距離角度分布図作成過程は、前記任意の角度ごとに前記分布図を作成することを特徴とする請求項 1 乃至 7 および 14 のいずれかに記載のパターン評価方法。

【請求項 16】前記パターンは、複数の閉曲線パターンを含み、前記距離角度分布図作成過程は、各閉曲線パターンごとに前記分布図を作成し、前記特徴点抽出過程は、得られた各閉曲線パターンの前記分布図ごとに前記特徴曲線を設けてこの特徴曲線に基づいて前記閉曲線パターンごとに前記特徴点を抽出し、得られた複数の前記特徴点を演算処理して前記複数の閉曲線パターン間の相異を定量化することを特徴とする請求項 13 または 14 に記載のパターン評価方法。

【請求項 17】前記パターンは、ラインパターンを含み、前記特徴点抽出過程は、前記距離を x とし、前記角度を y とし、前記ラインパターンの幅を D とするとき、前記分布図に関数 $x = D / \cos y$ で表わされる少なくとも 1 本の近似曲線を設け、この近似曲線に基づいて前記特徴点を抽出することを特徴とする請求項 1 乃至 14 および 16 のいずれかに記載のパターン評価方法。

【請求項 18】前記画像データは、時間的に変化する一連の画像データであり、前記ベアリング過程、前記演算過程、前記距離角度分布図作成過程、および前記特徴点抽出過程は、前記一連の画像データを構成する画像データについて逐次実行され、抽出された前記特徴点の変化をリアルタイムで出力する出力過程をさらに備えることを特徴とする請求項 1 乃至 7、11、14、17 のいずれかに記載のパターン評価方法。

【請求項 19】評価対象であるパターンの画像データの供給を受け、前記画像データを処理して前記画像から前記パターンのエッジ点の座標を検出するエッジ点検出手

4

段と、前記エッジ点同士でエッジ点ペアを組み合わせるベアリング手段と、前記エッジ点ペアを構成するエッジ点間の距離と、前記エッジ点間を結ぶ直線と任意の軸線との間の角度とを算出する演算手段と、前記エッジ点ペアの前記距離と前記角度との分布図を作成する距離角度分布図作成手段と、前記分布図の特徴点を抽出する特徴点抽出手段と、抽出された前記特徴点に基づいて前記パターンを解析する解析手段と、を備えるパターン評価装置。

【請求項 20】前記ベアリング手段は、前記パターンがラインパターンである場合は前記画像の一方側に位置するパターンエッジに属するエッジ点と、前記画像の他方側に位置するパターンエッジに属するエッジ点との間でベアリングを行い、前記パターンが閉曲線パターンである場合は前記パターンの任意の分割線を選択してこの分割線を用いて前記パターンを二つに分割し、前記画像の一方側に位置する前記パターンエッジに属するエッジ点と前記画像の他方側に位置するパターンエッジに属するエッジ点との間でベアリングを行うことを特徴とする請求項 19 に記載のパターン評価装置。

【請求項 21】前記画像データを格納する第 1 の記憶領域と、前記分布図のデータを格納する第 2 の記憶領域とを含む記憶手段をさらに備えることを特徴とする請求項 19 または 20 に記載のパターン評価装置。

【請求項 22】前記パターンは、理想形状で形成された理想パターンを少なくとも一つ含み、前記特徴点抽出手段は、前記理想パターンから得られた前記分布図の特徴点である理想特徴点と、前記評価対象であるパターンから得られた前記分布図の特徴点とを抽出し、前記評価対象であるパターンから得られた特徴点における前記理想特徴点からの差異を出力する手段をさらに含むことを特徴とする請求項 19 乃至 21 のいずれかに記載のパターン評価装置。

【請求項 23】前記パターンは、複数のパターンであり、前記距離角度分布図作成手段は、前記パターンごとの前記分布図が合成された第 1 の被合成分布図を作成する手段であり、前記特徴点抽出手段は、前記第 1 の被合成分布図の一部の領域から前記パターンごとの前記特徴点と前記パターン間の相対的な位置関係を表わす前記特徴点とを抽出する手段であることを特徴とする請求項 19 乃至 22 のいずれかに記載のパターン評価装置。

【請求項 24】前記画像データは、複数のパターンの画像データを含み、

前記ベアリング手段は、各パターンで対応するパターンエッジ間以外のベアリングを禁止する禁止ルールを設定

5

する設定手段を含むことを特徴とする請求項 19 乃至 23 のいずれかに記載のパターン評価装置。

【請求項 25】前記画像データは、複数のパターンの画像データを含み、

前記ペアリング手段は、各パターンで対応するパターンエッジ間以外のペアリングを行なうことを特徴とする請求項 19 乃至 23 のいずれかに記載のパターン評価装置。

【請求項 26】前記パターンは、複数のパターンであり、

前記距離角度分布図作成手段は、各パターンごとに前記分布図を作成し、得られた前記分布図同士で画像演算処理を行なって第 2 の被合成分布図を作成し、

前記特徴点抽出手段は、前記第 2 の被合成分布図から前記特徴点を抽出して前記分布図合成された前記パターン同士の形状の相異を定量化する手段であることを特徴とする請求項 19 乃至 25 のいずれかに記載のパターン評価装置。

【請求項 27】前記パターンは、複数のパターンであり、

前記距離角度分布図作成手段は、各パターンごとに前記分布図を作成し、

前記特徴点抽出手段は、各パターンごとに得られた前記分布図から前記特徴点を抽出し、得られた前記特徴点同士で演算処理を行ない、これらの特徴点同士の相異を定量化する手段であることを特徴とする請求項 19 乃至 26 のいずれかに記載のパターン評価装置。

【請求項 28】前記パターンは、閉曲線パターンを含み、

前記特徴点抽出手段は、前記分布図の特徴曲線を設け、この特徴曲線に基づいて前記特徴点を抽出することを特徴とする請求項 19 乃至 26 のいずれかに記載のパターン評価装置。

【請求項 29】前記パターンは閉曲線パターンであり、前記ペアリング手段は、前記パターンの任意の分割線と前記閉曲線パターン内の任意の点とを選択し、前記分割線を前記任意の点を中心として任意の角度で回転させ、前記任意の角度ごとに前記分割線を用いて前記パターンを二つに分割し、前記画像の前記一方側に位置する前記第 1 のパターンエッジに属するエッジ点と前記画像の前記他方側に位置する第 2 のパターンエッジに属するエッジ点との間で前記任意の角度ごとにペアリングを行う手段であり、

前記距離角度分布図作成手段は、前記任意の角度ごとに前記分布図を作成することを特徴とする請求項 19 乃至 21 および 28 のいずれかに記載のパターン評価装置。

【請求項 30】前記パターンは、複数の閉曲線パターンを含み、

前記距離角度分布図作成手段は、各閉曲線パターンごとに前記分布図を作成し、

6

前記特徴点抽出手段は、得られた各閉曲線パターンの前記分布図ごとに前記特徴曲線を設けてこの特徴曲線に基づいて前記閉曲線パターンごとに前記特徴点を抽出し、得られた複数の前記特徴点を演算処理して前記複数の閉曲線パターン間の相異を定量化することを特徴とする請求項 27 または 28 に記載のパターン評価装置。

【請求項 31】前記パターンは、ラインパターンを含み、

前記特徴点抽出手段は、前記距離を x とし、前記角度を y とし、前記ラインパターンの幅を D とするとき、前記分布図に関数

$$x = D / \cos y$$

で表わされる少なくとも 1 本の近似曲線を設け、この近似曲線に基づいて前記特徴点を抽出することを特徴とする請求項 19 乃至 28、30 のいずれかに記載のパターン評価装置。

【請求項 32】前記画像データは、時間的に変化する一連の画像データであり、

前記ペアリング手段、前記演算手段、前記距離角度分布図作成手段、および前記特徴点抽出手段は、前記一連の画像データを構成する画像データについて逐次実行され、

抽出された前記特徴点の変化をリアルタイムで出力する出力手段をさらに備えることを特徴とする請求項 19 乃至 21、25、28、31 のいずれかに記載のパターン評価装置。

【請求項 33】評価対象であるパターンの画像データの供給を受け、前記画像データを処理して前記画像から前記パターンのエッジ点の座標を検出するエッジ点検出手順と、

前記エッジ点同士でエッジ点ペアを組み合わせるペアリング手順と、

前記エッジ点ペアを構成するエッジ点間の距離と、前記エッジ点間を結ぶ直線と任意の軸線との間の角度とを算出する演算手順と、

前記エッジ点ペアの前記距離と前記角度との分布図を作成する距離角度分布図作成手順と、

前記分布図の特徴点を抽出する特徴点抽出手順と、抽出された前記特徴点に基づいて前記パターンを解析する解析手順と、を備えるパターン評価方法をコンピュータに実行させるプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記憶媒体。

【請求項 34】前記ペアリング手順は、

前記パターンがラインパターンである場合は前記画像の一方側に位置するパターンエッジに属するエッジ点と、前記画像の他方側に位置するパターンエッジに属するエッジ点との間でペアリングを行い、

前記パターンが閉曲線パターンである場合は前記パターンの任意の分割線を選択してこの分割線を用いて前記パターンを二つに分割し、前記画像の一方側に位置する前

7

記パターンエッジに属するエッジ点と前記画像の他方側に位置するパターンエッジに属するエッジ点との間でペアリングを行うことを特徴とする請求項 33 に記載の記録媒体。

【請求項 35】前記パターン評価方法は、前記画像データが格納される第 1 の記憶領域とは異なる第 2 の記憶領域に対応するメモリアドレスを前記分布図のデータに付加する記憶制御手順をさらに備えることを特徴とする請求項 33 または 34 に記載の記録媒体。

【請求項 36】前記パターンには、理想形状で形成された理想パターンが少なくとも一つ含まれ、

前記特徴点抽出手順は、前記理想パターンから得られた前記分布図の特徴点である理想特徴点と、前記評価対象であるパターンから得られた前記分布図の特徴点とを抽出し、前記パターン評価方法は、前記評価対象であるパターンから得られた特徴点における前記理想特徴点からの差異を出力する手順をさらに含むことを特徴とする請求項 33 乃至 35 のいずれかに記載の記録媒体。

【請求項 37】前記パターンには、複数のパターンが含まれ、

前記距離角度分布図作成手順は、前記パターンごとの前記分布図が合成された第 1 の被合成分布図を作成する手順であり、

前記特徴点抽出手順は、前記第 1 の被合成分布図の一部の領域から前記パターンごとの前記特徴点と前記パターン間の相対的な位置関係を表わす前記特徴点とを抽出する手順であることを特徴とする請求項 33 乃至 36 のいずれかに記載の記録媒体。

【請求項 38】前記画像データは、複数のパターンの画像データを含み、

前記ペアリング手順は、各パターンで対応するパターンエッジ間以外のペアリングを禁止する禁止ルールを設定する設定手順を含むことを特徴とする請求項 33 乃至 37 のいずれかに記載の記録媒体。

【請求項 39】前記画像データは、複数のパターンの画像データを含み、

前記ペアリング手順は、各パターンで対応するパターンエッジ間以外のペアリングを行なうことを特徴とする請求項 33 乃至 37 のいずれかに記載の記録媒体。

【請求項 40】前記パターンには、複数のパターンが含まれ、

前記距離角度分布図作成手順は、各パターンごとに前記分布図を作成し、得られた前記分布図同士で画像演算処理を行なって第 2 の被合成分布図を作成し、

前記特徴点抽出手順は、前記第 2 の被合成分布図から前記特徴点を抽出して前記分布図合成された前記パターン同士の形状の相異を定量化する手順であることを特徴とする請求項 33 乃至 39 のいずれかに記載の記録媒体。

【請求項 41】前記パターンには、複数のパターンが含まれ、

8

前記距離角度分布図作成手順は、各パターンごとに前記分布図を作成し、

前記特徴点抽出手順は、各パターンごとに得られた前記分布図から前記特徴点を抽出し、得られた前記特徴点同士で演算処理を行ない、これらの特徴点同士の相異を定量化する手順であることを特徴とする請求項 33 乃至 40 のいずれかに記載の記録媒体。

【請求項 42】前記パターンには、閉曲線パターンが含まれ、

前記特徴点抽出手順は、前記分布図の特徴曲線を設け、この特徴曲線に基づいて前記特徴点を抽出することを特徴とする請求項 33 乃至 40 のいずれかに記載の記録媒体。

【請求項 43】前記ペアリング手順は、

前記パターンが閉曲線パターンである場合に、前記パターンの任意の分割線と前記閉曲線パターン内の任意の点とを選択し、前記分割線を前記任意の点を中心として任意の角度で回転させ、前記任意の角度ごとに前記分割線を用いて前記パターンを二つに分割し、前記画像の前記一方側に位置する前記第 1 のパターンエッジに属するエッジ点と前記画像の前記他方側に位置する第 2 のパターンエッジに属するエッジ点との間で前記任意の角度ごとにペアリングを行う手順であり、

前記距離角度分布図作成手順は、前記任意の角度ごとに前記分布図を作成することを特徴とする請求項 33 乃至 35 および 42 のいずれかに記載の記録媒体。

【請求項 44】前記パターンには、複数の閉曲線パターンが含まれ、

前記距離角度分布図作成手順は、各閉曲線パターンごとに前記分布図を作成し、

前記特徴点抽出手順は、得られた各閉曲線パターンの前記分布図ごとに前記特徴曲線を設けてこの特徴曲線に基づいて前記閉曲線パターンごとに前記特徴点を抽出し、得られた複数の前記特徴点を演算処理して前記複数の閉曲線パターン間の相異を定量化することを特徴とする請求項 41 または 42 に記載の記録媒体。

【請求項 45】前記パターンには、ラインパターンが含まれ、

前記特徴点抽出手順は、前記距離を x とし、前記角度を y とし、前記ラインパターンの幅を D とするとき、前記分布図に関数

$$x = D / \cos y$$

で表わされる少なくとも 1 本の近似曲線を設け、この近似曲線に基づいて前記特徴点を抽出することを特徴とする請求項 33 乃至 42、44 のいずれかに記載の記録媒体。

【請求項 46】前記画像データは、時間的に変化する一連の画像データであり、

前記ペアリング手順、前記演算手順、前記距離角度分布図作成手順、および前記特徴点抽出手順は、前記一連の

画像データを構成する画像データについて逐次実行され、

前記パターン評価方法は、抽出された前記特徴点の変化をリアルタイムで出力する出力手順をさらに備えることを特徴とする請求項 33 乃至 35、39、42、45 のいずれかに記載の記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、パターン一般の評価方法、パターン評価装置、およびコンピュータ読み取り可能な記録媒体に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来の技術によるパターン評価方法について、半導体の微細パターンを評価する方法を具体例に挙げて説明する。

【0003】パターンの評価は、半導体の製造工程においても重要であり、このことはリソグラフィ工程やエッチング工程等で形成される微細パターンについては特に顕著である。従来は、電子ビームを用いた CD SEM (Critical Dimension Scanning Electron Microscope) を用いてパターンの寸法 (例えば、ラインパターンの場合では線幅等、ホールパターンの場合では穴径等) を計測し、評価する方法が一般に採用されている。CD SEM では、試料から取得したパターン SEM 画像から二次電子プロファイルを読み取り、このプロファイルからパターンのエッジをエッジ検出アルゴリズムにより検出し、検出したエッジの座標を用いて各計測の目的に適合した CD 計測アルゴリズムを用いてパターン寸法を計算する。例えば、ラインパターンの線幅を求める場合には、電子ビームスキャン方向の SEM 画像の線画素から、直線近似法またはスレッシュホールド法等によりラインの左右のエッジが検出される。検出されたこれら左右のエッジに対し、測定で指定された範囲にわたってエッジペアが求まり、これらのペア間の距離 (エッジ点の X 座標の差) の平均をそのラインパターンの線幅として計算していた。また、幅が一定でないパターンの場合には、例えば最大または最小のエッジペア間距離を最大幅または最小線幅として計算し、その結果を計測値として出力していた。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述した従来の方法では、計測したいパターンの向き (以下 CD 方向という) を電子ビームのスキャン方向に一致させなければ計測できない、という問題があった。そこで、このような問題を解消するため、例えば、電子ビームスキャン方向を CD 方向に合わせてから計測したり、アフィン変換等の画像処理を用いて画像を回転し、CD 方向を電子ビームスキャン方向に合わせてから計測する、などの方法で対処されていた。しかし、これらの処理には余分の時間が掛かり、計測時間短縮のためには好ましく

ない。さらに、計測に先立って CD 方向が予め分からない場合は、電子ビームスキャン方向または画像回転角度をある範囲で振り当てる必要があるため、より長い処理時間が必要となっていた。

【0005】同様に、計測対象がホールパターンである場合、従来の方法では SEM 画像の X 軸方向および Y 軸方向の最大値をパターンの穴径として計測していた。しかし、この方法では、例えばパターンの最大径が X 軸または Y 軸に対して傾いている場合、その最大径を得ることは困難である。また、ホールパターンの形状の歪みを考慮して、エッジ点で囲まれた面積や、最小二乗円から近似直径を算出する方法も行われているが、これら平均的な計測値からだけでは複雑なパターン形状を把握することが不可能であった。

【0006】本発明は上記事情に鑑みてなされたものであり、その目的は、上述した従来技術の問題点を克服するだけでなく、さらに多くの付加価値をもたらすパターン評価装置、パターン評価方法およびコンピュータ読み取り可能な記録媒体を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は、以下の手段により上記課題の解決を図る。

【0008】即ち、本発明の第 1 の態様によれば、評価対象であるパターンの画像データの供給を受け、上記画像データを処理して上記画像における上記パターンのエッジ点の座標を検出するエッジ点検出過程と、上記エッジ点同士でエッジ点ペアを組み合わせるペアリング過程と、上記エッジ点ペアを構成する上記エッジ点間の距離と、上記エッジ点間を結ぶ直線と任意の軸線との間の角度とを算出する演算過程と、上記エッジ点ペアの上記距離と上記角度との分布図を作成する距離角度分布図作成過程と、上記分布図の特徴点を抽出する特徴点抽出過程と、抽出された上記特徴点に基づいて上記パターンを解析する解析過程と、を備えるパターン評価方法が提供される。

【0009】本発明の第 1 の態様によれば、上記エッジ点の上記距離と上記角度との分布図を作成し、この分布図に基づいて上記特徴点を抽出するので、種々のパターン計測を同時にかつ高速に行なうことができる。パターン計測には、例えば以下の項目が含まれる。

【0010】1) ラインパターンにおけるライン幅の最大値、最小値、および平均値、並びにホールパターンにおけるフェレー径の最大値、最小値、および近似円径
2) パターンの傾き角度 (ホールパターンの場合は、最大フェレー径の角度で定義する)
3) パターンのラフネス
4) 傾斜したパターンにおける上述の計測値およびその傾斜角度
5) 任意の方向で射影したパターンにおける上述の計測値

6) 複数のパターンを同時に射影した場合における上述の計測値の平均値

上記ベアリング過程は、検出されたエッジ点の全てで上記エッジ点ペアを組み合わせても良いし、検出されたエッジ点の一部同士で上記エッジ点ペアを組み合わせても良い。

【0011】また、上記ベアリング過程は、上記パターンがラインパターンである場合は上記画像の一方側に位置するパターンエッジに属するエッジ点と、上記画像の他方側に位置するパターンエッジに属するエッジ点との間でベアリングを行い、上記パターンが閉曲線パターンである場合は上記パターンの任意の分割線を選択してこの分割線を用いて上記パターンを二つに分割し、上記画像の一方側に位置する上記パターンエッジに属するエッジ点と上記画像の他方側に位置するパターンエッジに属するエッジ点との間でベアリングを行う過程でも良い。この場合は、様々な評価対象に対して単一のアルゴリズムで評価できる上、必要最小限のエッジ点ペアで上記分布図を作成することができる。この結果、さらに高速でのパターン評価が可能になる。

【0012】上記閉曲線パターンには、典型的にはホールパターンが含まれ、また、上記分割線には上記閉曲線パターンの重心を通り上記軸線に垂直な線と上記閉曲線の主軸とのうち少なくともいずれかが含まれる。

【0013】上記特徴点抽出過程は、上記分布図を画像処理することにより上記特徴点を抽出すると良い。

【0014】これにより、上記特徴点を高速に抽出できる上、エッジの取り損ない等による計測エラーの影響をも低減することができる。上記画像処理は、二値化処理、メディアン処理、ノイズフィルタリングの少なくとも一つを含む。

【0015】また、上述したパターン評価方法は、上記画像データが格納される第1の記憶領域とは異なる第2の記憶領域に対応するメモリアドレスを上記分布図のデータに付加する記憶制御過程をさらに備えることが望ましい。

【0016】これにより、上記分布図を高速で作成できる。また、上記特徴点抽出過程において、既存の画像処理のアルゴリズムを用いて高速に上記分布図の特徴点を抽出することができる。

【0017】上記記憶制御過程は、上記エッジ点ペアごとに、上記距離および上記角度に基づいて仮想的なサブピクセルを比例配分し、上記分布図のデータを複数ビットの画像データとして上記メモリアドレスを付加すると良い。

【0018】これにより、パターン計測の精度を向上させることができる。

【0019】また、上記特徴点抽出過程は、上記分布図のデータまたは上記分布図の上記特徴点近傍のデータに濃淡を表わす階調値を付加する過程を含むことが好まし

い。

【0020】このように、上記分布図の全体または上記分布図の特徴点近傍領域に濃淡差を設けることにより、パターンのラフネスに対応する情報を容易に取得することができる。

【0021】また、上記記憶制御過程は、上記エッジ点ペアの位置情報に基づいて上記分布図に上記画像データへの逆変換を可能にする復元用情報を付加する過程を含むことが望ましい。

【0022】これにより、上記分布図上で画像処理を行なった結果を実平面上のパターンとして出力することができる。上記復元用情報としては、例えば各エッジペアを構成する各エッジの座標の midpoint の座標がある。

【0023】上記パターンが理想形状で形成された理想パターンを少なくとも一つ含む場合、上記特徴点抽出過程は、上記理想パターンから得られた上記分布図の特徴点である理想特徴点と、上記評価対象であるパターンから得られた上記分布図の特徴点とを抽出し、上記評価対象であるパターンから得られた特徴点における上記理想特徴点からの差異を出力する過程をさらに含むと好適である。

【0024】これにより、上記理想パターンから得られた上記分布図を基準として評価対象であるパターンを比較することができるので、上記評価対象パターンの形状におけるスペックチェックを行うことができる。

【0025】また、上記パターンが複数のパターンである場合に、上記距離角度分布図作成過程は、上記パターンごとの上記分布図が合成された第1の被合成分布図を作成する過程であり、上記特徴点抽出過程は、上記第1の被合成分布図の一部の領域から上記パターンごとの上記特徴点と上記パターン間の相対的な位置関係を表わす上記特徴点を抽出する過程であることが好ましい。

【0026】これにより、複数のパターンにより構成された複雑なパターンであっても、構成要素である各パターンの一つ一つについて、および構成要素であるパターン間の位置関係を高速に評価することができる。

【0027】また、上記画像データが複数のパターンの画像データを含む場合において、上記ベアリング過程は、各パターンで対応するパターンエッジ間以外のベアリングを禁止する禁止ルールを設定する過程を含むと良い。

【0028】これにより、複数のパターンを同時に計測する場合であっても、計測に必要な情報のみを取り出すことができる。必要でないエッジ点からの情報はノイズとして除去できるので、単純な処理で上記分布図の特徴点を正確にかつ高速に抽出することができる。また、評価対象のパターンが存在する領域に評価対象以外のパターンが存在する場合でも、上記分布図から不必要なパターンを除外して評価対象であるパターンのみの計測値を得ることができる。この結果、計測に先立って計測領域

10

20

30

40

50

13

を厳密に指定する必要がなくなる。

【0029】また、上記画像データが複数のパターンの画像データを含む場合において、これとは逆に、上記ペアリング過程は、各パターンで対応するパターンエッジ間以外のペアリングを行なうこととしても良い。

【0030】これにより、複数のパターンを同時に計測する場合に、評価対象外のパターンの情報、または個々の構成パターン間にまたがる情報を分別して上記分布図の形態でデータとして蓄積できる。これにより、より多くの種類の計測が可能になる。

【0031】また、上記距離角度分布図作成過程は、各パターンごとに上記分布図を作成し、得られた上記分布図同士で画像演算処理を行なって第2の被合成分布図を作成し、上記特徴点抽出過程は、上記第2の被合成分布図から上記特徴点を抽出して上記分布図合成された上記パターン同士の形状の相異を定量化する過程であると好適である。

【0032】上記分布図同士で画像演算処理を行なうので、上記第2の被合成分布図から上記パターン同士の形状を容易に比較できる。上記形状の相異における定量化には、例えば、演算処理がなされたパターン間の平均的な形状を取得した後に、この平均的な形状からの各パターンの分散を数値化することが含まれる。

【0033】また、これとは代替的に、上記距離角度分布図作成過程は、各パターンごとに上記分布図を作成し、上記特徴点抽出過程は、各パターンごとに得られた上記分布図から上記特徴点を抽出し、得られた上記特徴点同士で演算処理を行ない、これらの特徴点同士の相異を定量化する過程であっても良い。

【0034】また、上記パターンが閉曲線パターンを含む場合は、上記特徴点抽出過程は、上記分布図の特徴曲線を設け、この特徴曲線に基づいて上記特徴点を抽出することが望ましい。

【0035】このように、分布図に特徴曲線を追加することにより、閉曲線を一部または全部に含むパターンから得られた上記分布図から高速かつ正確に上記特徴点を抽出できる。上記特徴曲線に基づいて抽出される特徴点には、例えば上記境界曲線の極値や上記境界領域における濃淡差の広がりから導かれるラフネス値が含まれる。

【0036】また、上記ペアリング過程は、上記パターンの任意の分割線と上記閉曲線パターン内の任意の点とを選択し、上記分割線を上記任意の点を中心として任意の角度で回転させ、上記任意の角度ごとに上記分割線を用いて上記パターンを二つに分割し、上記画像の上記一方側に位置する上記第1のパターンエッジに属するエッジ点と上記画像の上記他方側に位置する第2のパターンエッジに属するエッジ点との間で上記任意の角度ごとにペアリングを行う過程であり、上記距離角度分布図作成過程は、上記任意の角度ごとに上記分布図を作成することが好ましい。

14

【0037】上記任意の角度ごとに上記分布図を作成するので、作成された複数の分布図を比較対照することにより、上記パターンの輪郭形状における異常、特に凹部に関する情報を容易に取得することができる。

【0038】さらに、上記パターンが複数の閉曲線パターンを含む場合において、上記距離角度分布図作成過程は、各閉曲線パターンごとに上記分布図を作成し、上記特徴点抽出過程は、得られた各閉曲線パターンの上記分布図ごとに上記特徴曲線を設けてこの特徴曲線に基づいて上記閉曲線パターンごとに上記特徴点を抽出し、得られた複数の上記特徴点を演算処理して上記複数の閉曲線パターン間の相異を定量化すると良い。

【0039】これにより、上記閉曲線パターンの平均形状と上記閉曲線パターン間の類似度に関する情報を高速で取得することができる。

【0040】また、上記パターンがラインパターンを含む場合は、上記特徴点抽出過程は、上記距離を x とし、上記角度を y とし、上記ラインパターンの幅を D とするとき、上記分布図に関数

$$x = D / \cos y$$

で表わされる少なくとも1本の近似曲線を設け、この近似曲線に基づいて上記特徴点を抽出することが望ましい。

【0041】これにより、ラインを一部または全部を含むパターンから得られた上記分布図から高速かつ正確に上記特徴点を抽出することができる。

【0042】さらに、上記画像データが時間的に変化する一連の画像データである場合には、上記パターン評価方法において、上記ペアリング過程、上記演算過程、上記距離角度分布図作成過程、および上記特徴点抽出過程は、上記一連の画像データを構成する画像データについて逐次実行され、抽出された上記特徴点の変化をリアルタイムで出力する出力過程を上記パターン評価方法がさらに備えることが望ましい。

【0043】これにより、時間的に変動するパターンについての形状情報を取得することができる。時間的に変動するパターンとしては、例えばSEM装置における連続的なコラム調整や電子ビーム露光装置におけるCPAバーチャによるビーム形状の連続的な調整などに起因する動画パターンがある。

【0044】また、本発明の第2の態様によれば、評価対象であるパターンの画像データの供給を受け、上記画像データを処理して上記画像から上記パターンのエッジ点の座標を検出するエッジ点検出手段と、上記エッジ点同士でエッジ点ペアを組み合わせるペアリング手段と、上記エッジ点ペアを構成するエッジ点間の距離と、上記エッジ点間を結ぶ直線と任意の軸線との間の角度とを算出する演算手段と、上記エッジ点ペアの上記距離と上記角度との分布図を作成する距離角度分布図作成手段と、上記分布図の特徴点を抽出する特徴点抽出手段と、抽出

された上記特徴点に基づいて上記パターンを解析する解析手段と、を備えるパターン評価装置が提供される。

【0045】本発明の第2の態様によれば、上記エッジ点の上記距離と上記角度との分布図を作成する距離角度分布図作成手段と、この分布図を処理して上記特徴点を抽出する特徴点抽出手段とを備えるので、種々のパターン計測を同時にかつ高速に行なうことができるパターン評価装置が提供される。

【0046】上記パターン評価装置の実施の一態様において、上記ペアリング手段は、上記パターンがラインパターンである場合は上記画像の一方側に位置するパターンエッジに属するエッジ点と、上記画像の他方側に位置するパターンエッジに属するエッジ点との間でペアリングを行い、上記パターンが閉曲線パターンである場合は上記パターンの任意の分割線を選択してこの分割線を用いて上記パターンを二つに分割し、上記画像の一方側に位置する上記パターンエッジに属するエッジ点と上記画像の他方側に位置するパターンエッジに属するエッジ点との間でペアリングを行う。

【0047】また、上記パターン評価装置は、上記画像データを格納する第1の記憶領域と、上記分布図のデータを格納する第2の記憶領域とを含む記憶手段をさらに備えると好適である。

【0048】上述したパターン評価装置は、上記エッジ点ペアごとに、上記距離および上記角度に基づいて仮想的なサブピクセルを比例配分し、上記分布図のデータを複数ビットの画像データとして上記分布図のデータにメモリアドレスを付加する記憶制御過程をさらに備えることが望ましい。

【0049】上記記憶制御過程はまた、上記エッジ点ペアの位置情報に基づいて上記分布図に上記画像データへの逆変換を可能にする復元用情報を付加すると良い。

【0050】また、上記特徴点抽出過程は、上記分布図のデータまたは上記分布図の上記特徴点近傍のデータに濃淡を表わす階調値を付加して出力すると好適である。

【0051】また、本発明の第3の態様によれば、評価対象であるパターンの画像データの供給を受け、上記画像データを処理して上記画像から上記パターンのエッジ点の座標を検出するエッジ点検出手順と、上記エッジ点同士でエッジ点ペアを組み合わせるペアリング手順と、上記エッジ点ペアを構成するエッジ点間の距離と、上記エッジ点間を結ぶ直線と任意の軸線との間の角度とを算出する演算手順と、上記エッジ点ペアの上記距離と上記角度との分布図を作成する距離角度分布図作成手段と、上記分布図の特徴点を抽出する特徴点抽出手段と、抽出された上記特徴点に基づいて上記パターンを解析する解析手段と、を備えるパターン評価方法をコンピュータに実行させるプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記憶媒体が提供される。

【0052】本発明の第3の態様によれば、上記エッジ

点の上記距離と上記角度との分布図を作成する距離角度分布図作成手段と、この分布図を処理して上記特徴点を抽出する特徴点抽出手段とを備える上記パターン評価方法をコンピュータに実行させるプログラムを記録するので、汎用のコンピュータを用いて種々のパターン計測を同時にかつ高速に行なうことができる記録媒体が提供される。

【0053】上記記録媒体に格納される上記プログラムの上記パターン評価方法において、上記ペアリング手順は、検出されたエッジ点の全てで上記エッジ点ペアを組み合わせる手順でも良いし、検出されたエッジ点の一部同士で上記エッジ点ペアを組み合わせる手順でも良い。

【0054】また、上記ペアリング手順は、上記パターンがラインパターンである場合は上記画像の一方側に位置するパターンエッジに属するエッジ点と、上記画像の他方側に位置するパターンエッジに属するエッジ点との間でペアリングを行い、上記パターンが閉曲線パターンである場合は上記パターンの任意の分割線を選択してこの分割線を用いて上記パターンを二つに分割し、上記画像の一方側に位置する上記パターンエッジに属するエッジ点と上記画像の他方側に位置するパターンエッジに属するエッジ点との間でペアリングを行うこととしても良い。

【0055】また、上記パターン評価方法は、上記画像データが格納される第1の記憶領域とは異なる第2の記憶領域に対応するメモリアドレスを上記分布図のデータに付加する記憶制御手順をさらに備えると良い。

【0056】また、上記記録媒体に記録されるプログラムにおける上記パターン評価方法は、上記エッジ点ペアごとに、上記距離および上記角度に基づいて仮想的なサブピクセルを比例配分し、上記分布図のデータを複数ビットの画像データとして上記分布図のデータにメモリアドレスを付加する記憶制御手順をさらに備えることが望ましい。

【0057】上記記憶制御手順はまた、上記エッジ点ペアの位置情報に基づいて上記分布図に上記画像データへの逆変換を可能にする復元用情報を付加することが好ましい。

【0058】また、上記特徴点抽出手順は、上記分布図のデータまたは上記分布図の上記特徴点近傍のデータに濃淡を表わす階調値を付加して出力すると好適である。

【0059】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態のいくつかについて図面を参照しながら説明する。以下の実施形態では半導体の微細パターンを評価する場合について説明するが、本発明はこの場合に限定されることなく、パターン評価の新しい手法として様々な工業分野に適用することができる。

【0060】(A)パターン評価装置の一実施形態
図1は、本発明にかかるパターン評価装置の実施の一形

態を示すブロック図である。同図に示すパターン評価装置 2 は、ワークステーション 1 2 と、画像処理装置 1 4 と、メモリ 1 6 と、出力装置 1 8 とを備える。

【0061】メモリ 1 6 は、本発明のパターン評価方法のアルゴリズムが書き込まれたレシピファイルを格納する。ワークステーション 1 2 は、メモリ 1 6 からレシピファイルを読み出し、このレシピファイルに従って装置全体を制御するとともに、後述する距離角度分布図（以下、DAD 図という）から計測目的に応じた特徴点などの情報を抽出する。出力装置 1 8 は、画像処理装置からワークステーション 1 2 を介して供給された DAD 図をワークステーション 1 2 によって抽出された上記特徴点とともにディスプレイなどを用いて表示する。なお、本実施形態では出力装置 1 8 により DAD 図等を表示することとしたが、DAD 図等は特に表示する必要はなく、これらの情報をメモリ 1 6 に格納するだけに止めても良い。

【0062】画像処理装置 1 4 は、CPU 2 2 と画像処理部 2 4 と画像メモリ制御部 2 6 と画像メモリ 2 8 とを含む。

【0063】画像処理部 2 4 は、図示しない CDSEM から供給される SEM 画像データを受けて後述する画像処理を行なう。画像メモリ 2 8 は、複数の記憶領域を有し、画像メモリ制御部 2 6 の制御により、SEM 画像データと DAD 図のデータとを異なる記憶領域に格納する。

【0064】本実施形態において画像処理部 2 4 はエッジ点検出手段、ベアリング手段、演算手段および距離角度分布図作成手段を構成し、ワークステーション 1 2 は、特徴点抽出手段および解析手段を構成する。

【0065】図 1 に示すパターン評価装置 2 の動作について、本発明にかかるパターン評価方法の実施形態として図面を参照しながら説明する。

【0066】(B) パターン評価方法の実施形態
以下、本発明にかかるパターン評価方法の実施の形態のいくつかについて説明する。第 1 から第 4 まで、および第 9 の実施形態では評価対象としてラインパターン具体例に挙げて説明し、また、第 5 から第 8、第 1 1、第 1 2 および第 1 3 の実施形態ではホールパターンを評価対象に取り上げて説明する。

【0067】(1) 第 1 の実施形態
まず、本発明にかかるパターン評価方法の第 1 の実施の形態について図 2 から図 4 を参照しながら説明する。

【0068】図 2 は、本実施形態の概略手順を説明するフローチャートであり、図 3 は、ラインパターンの SEM 画像を画像処理して得られたエッジ点ペアを示す模式図であり、さらに、図 4 は本実施形態において特徴的な DAD 図の一例を示す。

【0069】図 2 に示すように、まず、図示しない SEM 装置から評価対象であるパターンの画像データを取得

する（ステップ S 1）。

【0070】次に、画像処理部 2 4 は、取得した画像データからエッジを認識し、既知の方法によりエッジを構成するエッジ点の座標を検出する（ステップ S 2）。図 3 の模式図には、何らかのアルゴリズムによりエッジが検出された理想的な形状のラインパターン LP 1 が示されている。前述したとおり、従来の計算方法では、図 3 の X 軸方向にエッジのペアを見つけ、これらのエッジペア間の距離の平均を求めていた。本実施形態では、画像処理部 2 4 がラインの右側エッジを構成する点と左側エッジを構成する点のすべての組み合わせを取り（ステップ S 3）、各組み合わせにおける右側エッジと左側エッジ間の距離と、これらのエッジ間を結ぶ直線の X 軸に対する角度とを算出し（ステップ S 4）、距離角度分布図（即ち、DAD 図）として表現する（ステップ S 5）。図 3 に示すラインパターンについて表現した DAD 図を図 4 に示す。図 4 中、X 軸はエッジ点間の距離を表わし、また、Y 軸はペアを繋いだ直線の X 軸方向に対する角度を現わしている。エッジ点間の距離は、ピクセル数で表現される。この点は、以下に示す実施形態において共通である。ただし、通常の計測ではこのピクセル数値にキャリブレーション定数を掛けて長さの単位に変換して出力する。図 4 は、図 3 に示す理想的な直線パターンの DAD 図であるため、この曲線は、数学的には線幅を D とすると、 $x = D / \cos y$ となる関数である。この関数の極値 $E V 1$ の座標は $(D, 0)$ となる。本実施形態によれば、理想的なラインパターンであってその中心線が Y 軸に平行になるように SEM 画像が取得されれば、そのラインパターンの線幅は、DAD 図の X 軸との切片から容易に求めることができる。

【0071】本実施形態における上記極値が計測の目的に適合した特徴点であり、この値は、ワークステーション 1 2 が DAD 図から上述した近似曲線を作成することにより抽出する（ステップ S 6）。

【0072】最後に、抽出した特徴点に基づいて評価パターンを解析する（ステップ S 7）。本実施形態であれば、線幅 D を有する理想的なラインパターンであることが解析される。

【0073】(2) 第 2 の実施形態

次に、本発明にかかるパターン評価方法の第 2 の実施の形態について説明する。

【0074】例えば、設計上は一定の線幅であっても、実際に加工された半導体のラインパターンには、図 5 に示すラインパターン LP 2 のように、加工誤差により計測領域で線幅が異なる場合がある。本実施形態の特徴は、このように線幅にばらつきがあるパターンに適切に特徴点を抽出する点にある。

【0075】図 6 は、図 5 のラインパターン LP 2 に対して図 2 に示す手順により作成した DAD 図の一例を示す。図 6 に示す DAD 図は、面積を持った分布として表

現される。図6から明らかなように、ラインパターンLP2の最小幅および最大幅は、それぞれ図中のX軸上にある分布点のうち最小値である点EV2および、最大値である点EV3の座標から求めることができる。DAD図上のこれらの特徴点の抽出は、 $x=D/\cos y$ という関数の近似曲線から求めても良いし、DAD図に様々な画像処理を用いて抽出しても良い。このとき、DAD図が画像メモリ28内に格納されていると高速での演算処理または画像処理が可能である。

【0076】(3) 第3の実施形態

次に、本発明にかかるパターン評価方法の第3の実施の形態について説明する。

【0077】図7は、加工工程で傾いて形成され、またはSEM像の取得過程においてX軸またはY軸などの基準軸に対して傾いて取得されたラインパターンLP3を示す。図8は、このような傾斜パターンについて作成したDAD図の一例である。ラインパターンLP3の線幅および回転角度は、DAD図内の最小点EV4の座標から求めることができる。本実施形態の場合は、パターンLP3の回転角は約46度であることが分かる。

【0078】このように、本実施形態によれば、製造ラインの能力等が原因で一定角度に揃ったラインを製造できない場合でも、アライメント等の前処理を行うことなく、そのまま計測して真の線幅とラインの回転角度を測定できる。

【0079】(4) 第4の実施形態

次に、本発明にかかるパターン評価方法の第4の実施の形態について説明する。

【0080】本実施形態の特徴は、複数のラインパターンについても同時にかつ高速で計測できる点にある。図9は、計測領域内に互いに線幅が異なる複数のラインパターンLP4~LP6が混在しており、かつ、これらのエッジ点が計測領域全域に渡って検出されている場合を示す。このような場合に、すべてのエッジ点のペアを形成してしまうと、DAD図上にラインとスペースの情報が混在してしまう。このため、本実施形態では、ラインの右側エッジ点同士または左側エッジ点同士のペア形成を禁止する禁止ルールを設定して画像処理部24に供給する。禁止ルールとしては、ラインを跨いだペア形成をもさらに禁止しても良い。これらのエッジ点ペア形成の禁則処理は、実際の計測に先立って予め実施しておき、計測の際に禁止条件を選択できるようにしておくこと様々な計測目的に対応できる。上述した禁止ルールを設定した場合のDAD図を図10に示す。同図に示すように、複数のラインについても、一本のラインを計測する場合と同様に、各ラインパターンの最大値、最小値および最小線幅を同時に取得できる。

【0081】(5) 第5の実施形態

次に、本発明にかかるパターン評価方法の第5の実施の形態について説明する。

【0082】本実施形態は、評価対象のパターンがホールパターンである場合の評価方法である。ホールパターンの場合、ラインパターンと異なり、エッジ点に右側、左側という区別がないため、すべてのエッジ点のペアについてDAD図を作成する。しかしながら、本実施形態では計算時間を節約するため、図11に示すように、得られたエッジ点をそのパターンの重心を通る垂直線VL1で二つのグループに分割する。以下の説明ではこの垂直線をエッジ分割線と呼ぶ。本実施例ではエッジ分割線をパターン重心のX成分から導出したが、その他適当な量、例えばパターンの主軸と一致する線を用いて定義しても良い。このようにすることで計算時間が半分になるばかりでなく、後述するように、パターンの凹部分の情報も検出することができる。図11に示すホールパターンHP1は直径Dの真円であり、この場合のDAD図は図12に示すように作成される。X座標の最大値DからホールパターンHP1の直径Dcを求めることができる。

【0083】(6) 第6の実施形態

次に、本発明にかかるパターン評価方法の第6の実施の形態について説明する。

【0084】本実施形態の特徴は、評価対象パターンが楕円パターンである場合に特徴点を的確に抽出する点にある。

【0085】図13に楕円パターンの一例を示す。また、このような楕円パターンHP2から得られたDAD図の一例を図14に示す。同図中の特徴点EV9およびEV10がそれぞれ楕円の長径および短径の距離と角度とを示している。一般的に、これらの値は、それぞれホールパターンの最大および最小のフェレー(Ferré)径とみなされる。本実施形態では画像メモリ28に格納されたDAD図を画像処理部24にて平滑処理した後二値化処理を行い、メディアン(Median)処理によってDAD図上の孤立点を除去し、最終的にEV9およびEV10を求めている。本実施形態によれば、このような画像処理によりエッジ検出のエラーにより疑似エッジ点が発生してしまった場合でも、その影響を取り除いて正確な計測を行うことができる。境界線

(7) 第7の実施形態

次に、本発明にかかるパターン評価方法の第7の実施の形態について説明する。

【0086】半導体製造におけるリソグラフィ工程で形成されたホールパターンの一例を図15に示す。同図に示すホールパターンHP3には、様々な加工誤差の影響で歪みや周囲に沿ったラフネスが発生している。図15に示すホールパターンHP3について作成したDAD図の一例を図16に示す。同図中、パターンの歪みやラフネス部分の情報は、分布の右側の境界線(以後、右側境界線という)に集約されている。この右側境界線はフーリエ分解等の通常の方法で解析することにより求めるこ

21

とができる。さらに、右側境界線をY軸に平行な直線で近似することにより、ある種の近似円を取得することができる。また、DAD図中の各分布点には、強度値が付加されている。従って、特徴曲線として上述した境界線を用いる方法に代えて、分布の極大値の点を近似させて繋いだ曲線を用いても良いし、また、強度がある一定以上の点を近似させて繋いだ曲線を用いても良い。この点は、後述する第8、9、13および14の実施形態についても同様である。

【0087】(8) 第8の実施形態

次に、本発明にかかるパターン評価方法の第8の実施の形態について説明する。

【0088】本実施形態の特徴は、DAD図を用いて評価対象パターンのスペックチェックを行なう点にある。例えば、計測対象がホールパターンであり、このホールパターンにLSL (Lower Spec Limit) もしくはUSL (Upper Spec Limit) またはこれらの両方がある場合、これらのスペックはDAD図上で例えば図17に示すよう、帯領域SB1で表現される。これにより、右側境界線とこの帯領域SB1との包含関係を計算することで瞬時にスペックチェックを行うことができる。なお、本実施形態では、真円に関するスペックを採用したため帯領域となったが、これを実際の製品から決定することにより、さらに複雑なスペックチェックも瞬時にして行うことができる。

【0089】(9) 第9の実施形態

次に、本発明にかかるパターン評価方法の第9の実施の形態について説明する。

【0090】本実施形態の特徴は、鉤型に折れたラインパターンをも正確に計測する点にある。このような鉤型のラインパターンの具体例を図18に示す。同図に示すラインパターンLP7、LP8は、例えば半導体製造工程で形成されたパターンであり、特に括れ部分(それが括れていれば)の寸法計測が必要になる。図19は、このパターンLP7、LP8のDAD図であり、括れ部分の寸法はDAD図の左側の境界線の最小値から測定できる。本実施形態では括れ部分の距離は68ピクセルと算出された。また、図19のDAD図を図20に示すような4本の曲線部分A、B、C、Dから構成されているものとみなし、それぞれの曲線を $x = D / \cos y$ という関数で近似することにより、例えば図21に示すように、図18のラインパターンLP7、LP8の周辺に位置するその他ラインパターンLP9~LP12の各種寸法をも計測できる。例えば、図20の近似曲線B、CからはラインパターンLP10、LP11の括れ部分以外の線幅が測定できる。さらに、図20の近似曲線Dからは、ラインパターンLP12が括れ部分を有することにより全体として占有することになる線幅を計測することもできる。

【0091】(10) 第10の実施形態

22

次に、本発明にかかるパターン評価方法の第10の実施の形態について説明する。本実施形態の特徴は、ホールパターンが周縁部に凹部を有する場合に、この凹部の情報を取得する点に特徴がある。

【0092】図22は、輪郭が凹曲線となるパターンの一例を示すSEM画像の図である。このようなホールパターンHP4について、エッジ点を検出するための分割線を図22のX軸に対して0度の方向に取って作成したDAD図を図23に示し、また、分割線を図22のX軸に対して90度の方向に取って作成したDAD図を図24に示す。図23と図24との対比により明らかなように、同じパターンであっても、パターンの凹部分の輪郭におけるエッジ点の存在により、分割線の傾きに依じてDAD図が変化することが分かる。本実施形態では0度と90度という荒いステップで分割線を回転させたが、これを例えば10度ずつ、さらには1度ずつとステップを細かくし、それぞれの分割線で得られる分布図に基づいて、パターンの周縁で任意の方向に存在する凹部分の情報を計測することが可能である。またこの場合、分割線の角度をZ軸に取って分布図を3次元空間で表現し、その後特徴点を抽出してパターンの凹部分の情報を計測するとさらに好適である。

【0093】(11) 第11の実施形態

次に、本発明にかかるパターン評価方法の第11の実施の形態について説明する。本実施形態の特徴は、2つのSEM画像からそれぞれ得られた2つのDAD図に対して演算処理を行なう点にある。

【0094】図25は、二つの穴パターンからそれぞれ得られたSEM画像の一例を示す。本実施形態において、これら二つのホールパターンHP5、HP6は、同一画像内の別々の場所に存在する場合でも、別々のSEM画像に存在する場合でも良い。

【0095】これらのパターンHP5、HP6のDAD図を図26の(a)および(b)にそれぞれ示す。なお、これらのDAD図は、図1に示すパターン評価装置2の画像メモリ28においてそれぞれ別個のメモリ領域に独立に格納されている。次に、画像処理部24により、これらのDAD図同士の画像演算処理を行なう。図27(a)および(b)は、図26(a)、(b)のDAD図に対してそれぞれ加算処理を行なった結果と減算処理を行なった結果を示す。本実施形態によれば、図27に示すような演算結果に基づいて、二つの穴パターンHP5、HP6の相異を定量化することができる。図25においては、二つのホールパターンHP5、HP6は、互いに離隔し、かつ、長軸の方向が互いに直交する位置に示されているが、上述したとおり、これは別々に取得したSEM画像をこのように配置して表示した結果に過ぎず、実際には、例えばホールパターンHP5内にホールパターンHP6が包含されている場合もある。図27に示すように、これらのSEM画像から得られたD

23

AD図同士を演算処理することにより、これらの位置関係も明確に知ることができる。なお、本実施形態では、単純に画像同士の演算処理によりパターン同士の相異点を求めたが、それぞれのDAD図を二値化した上でワークステーション12により、例えば両者のANDまたはORという論理演算を行っても良い。また、DAD図間の差を取る場合には演算結果としての正負も例えば色の違い等で表現して出力装置18に表示しても良い。

【0096】(12)第12の実施形態

次に、本発明にかかるパターン評価方法の第12の実施の形態について説明する。

【0097】上述した通常のDAD図作成の手順に加え、エッジ点ペアを形成する手順において、各エッジ点ペアの実平面上の位置関係を表わす情報、例えばペアをなす各エッジ点の midpoint の座標を求め、エッジ点ペアの距離および角度の情報に併せてデータとして画像メモリ28(図1参照)に格納する。これにより、この追加の位置情報を用いて、DAD図上の点で表現されるエッジ点ペアを実平面上に戻すことで、元のパターン形状を容易に復元することが可能になる。

【0098】(13)第13の実施形態

次に、本発明にかかるパターン評価方法の第13の実施の形態について説明する。本実施形態の特徴は、二つのパターンからそれぞれ得られたDAD図を合成し、合成されたDAD図に基づいて各パターン同士の相対的な特徴点を抽出する点にある。

【0099】この点を図25に示す二つのホールパターンHP5、HP6を再び例にとって説明する。なお、上述したとおり、これらのホールパターンは同一画像内で別々の場所にあっても良いし、別々の画像にあっても良い。

【0100】ホールパターンHP5、HP6の各DAD図は図26に示したとおりであるが、本実施形態では、図28に示すように、まず、これらのDAD図から各パターンの特徴、例えば各DAD図の境界線SB5、SB6を検出する。次に、これの結果から平均した境界線SB_{av.}を求める。この平均境界線SB_{av.}から得られる計測情報は、個々のホールパターンHP5、HP6の、ある種の平均された情報となっている。また、平均境界線SB_{av.}を基準として各パターンの境界線SB5、SB6の分散を算出することにより、個々のパターンHP5、HP6の形状面でのバラツキを定量化することができる。

【0101】(14)第14の実施形態

次に、本発明にかかるパターン評価方法の第14の実施の形態について説明する。本実施形態の特徴は、一連の時間変化を伴うSEM画像の画像データを取得し、DAD図を逐次で作成してパターンの特徴点における変化をモニタリングする点に特徴がある。

【0102】図29は、本実施形態のパターン評価方法

24

を説明するブロック図である。図29には、図1に示すパターン評価装置10の他、電子ビーム装置70が示されている。電子ビーム装置70は、CDSEM80とスキャンコンバータ90とコラム電圧制御部100とを備える。CDSEM80は、電子ビームを試料に向けて射出する電子銃部82と、この電子ビームの軌道を制御して試料に照射させる電子光学系84とを含む。電圧制御部100は、パターン評価装置1のワークステーション12とCDSEM80の電子光学系84に接続される。

【0103】ここで、例えばCDSEM80の電子光学系84のコラム調整にホールパターンを使用する場合、スティグ等の各種パラメータを振るとスキャンコンバータ90を介して検出器86から得られるSEM画像においてホールの形状が電子ビーム収差によって変化する。上述したパターン評価方法を用いることにより、このホールパターン形状の時間変化をDAD図を介してリアルタイムに追跡することができる。この追跡結果をパターン評価装置10のワークステーション12が電圧制御部100を介して電子光学系84の各種パラメータにフィードバックすることにより電子ビームのコラム調整を容易に実行することができる。

【0104】例えば試料表面に形成されたパターンが真円である場合、DAD図における境界線が直線になるように(図12参照)、コラム調整をすれば良い。以上の手順は、CDSEM装置に限ることなく、例えば電子ビーム露光装置においてキャラクタープロジェクションとして、やはり例えば円形ビームをモニターする場合にも適用することができる。

【0105】(C)記録媒体

上述したパターン評価方法の一連の手順および電子ビーム装置の制御方法の一連の手順は、コンピュータに実行させるプログラムとしてフレキシブルディスクやCD-ROM等の記録媒体に収納し、コンピュータに読込ませて実行させても良い。これにより、本発明にかかるパターン評価方法を汎用コンピュータを用いて実現することができる。記録媒体は、磁気ディスクや光ディスク等の携帯可能なものに限定されず、ハードディスク装置やメモリなどの固定型の記録媒体でも良い。また、上述したパターン評価方法の一連の手順を組込んだプログラムをインターネット等の通信回線(無線通信を含む)を介して頒布しても良い。さらに、上述したパターン評価方法の一連の手順を組込んだプログラムを暗号化したり、変調をかけたり、圧縮した状態で、インターネット等の有線回線や無線回線を介して、あるいは記録媒体に収納して頒布しても良い。

【0106】

【発明の効果】以上詳述したとおり、本発明は、以下の効果を奏する。

【0107】即ち、本発明によれば、種々のパターン評価を同時にかつ高速・高精度で実行できる上、高い付加

価値を与えるパターン評価方法およびパターン評価装置が提供される。

【0108】また、本発明によれば、上述した効果を奏するパターン評価方法を汎用のコンピュータを用いて実行できる記録媒体が提供される。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明にかかるパターン評価装置の実施の一形態を示すブロック図である。

【図2】本発明にかかるパターン評価方法の第1の実施の形態の概略手順を示すフローチャートである。

【図3】図2に示すパターン評価方法によりラインパターンから得られた検出されたエッジ点を示す模式図である。

【図4】図2に示すパターン評価方法により図3に示すラインパターンから得られたDAD図の一例を示す。

【図5】加工誤差により計測領域で線幅が異なるラインパターンを示すSEM画像の一例である。

【図6】図5に示すラインパターンに対して図2に示す手順により作成されたDAD図の一例を示す。

【図7】基準軸に対して傾いてSEM像に取得されたラインパターンの一例を示す図である。

【図8】図7に示す傾斜パターンについて作成したDAD図の一例を示す図である。

【図9】計測領域内に互いに線幅が異なる複数のラインパターンが混在している例を示す。

【図10】本発明にかかるパターン評価方法の第4の実施形態により禁則ルールを設定して図9に示す複数のラインパターンから取得したDAD図の一例である。

【図11】真円形状のホールパターンの一例を示す図である。

【図12】本発明にかかるパターン評価方法の第5の実施形態により図11に示すホールパターンから取得したDAD図の一例である。

【図13】楕円パターンの一例を示す図である。

【図14】図13に示す楕円パターンから得られたDAD図の一例である。

【図15】半導体のリソグラフィー工程において加工誤差により歪みやラフネスを伴って形成されたホールパターンの一例を示す図である。

【図16】図15に示すホールパターンから得られたDAD図の一例である。

【図17】ホールパターンの径に関するスペックをDAD図上で表現した図である。

【図18】鉤型に折れたラインパターンのSEM画像の一例を示す図である。

【図19】図18に示す鉤型に折れたラインパターンから得られたDAD図である。

【図20】図19に示すDAD図からラインパターンの情報を解析する方法を示す図である。

【図21】図20に示す解析方法により導かれる図16のラインパターンの周辺に位置する他のラインパターンの計測情報を示す図である。

【図22】輪郭が凹曲線となるパターンの一例を示すSEM画像の図である。

【図23】図22に示すパターンについて分割線を図22のX軸に対して0度の方向に取って作成したDAD図である。

【図24】図22に示すパターンについて分割線を図22のX軸に対して90度の方向に取って作成したDAD図である。

【図25】二つの穴パターンから得られたSEM画像の一例である。

【図26】図25に示す二つの穴パターンのDAD図である。

【図27】図26(a), (b)のDAD図に対してそれぞれ加算処理を行なった結果と減算処理を行なった結果を示す図である。

【図28】本発明にかかるパターン評価方法の第13の実施形態を説明するDAD図である。

【図29】本発明にかかるパターン評価方法の第14の実施の形態を説明するブロック図である。

【符号の説明】

2 パターン評価システム

10 パターン評価装置

12 ワークステーション

14 画像処理装置

16 メモリ

18 出力装置

22 CPU

24 画像処理部

26 画像メモリ制御部

28 画像メモリ

70 電子ビーム装置

80 CDSM

82 電子銃部

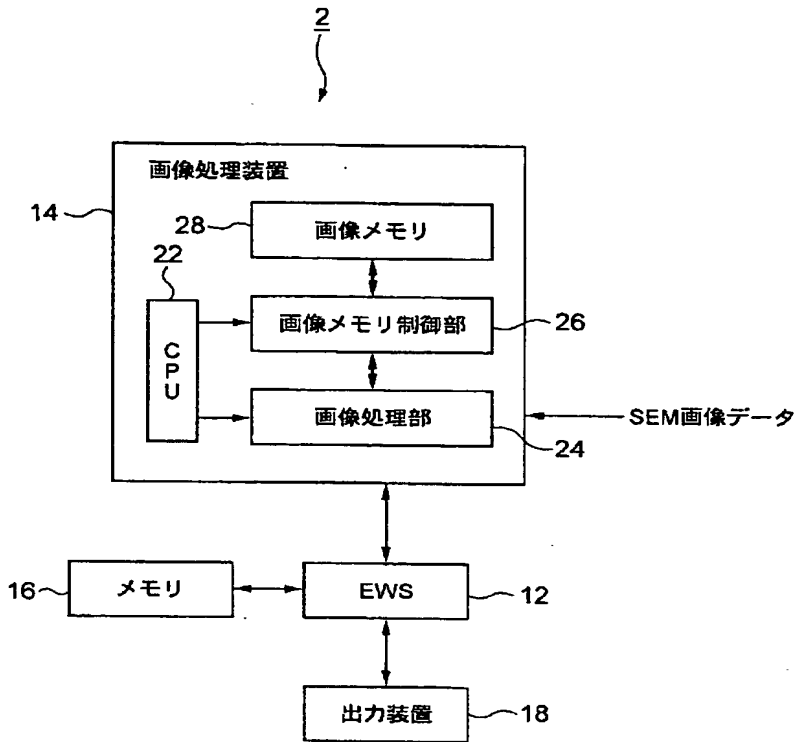
84 電子光学系

86 検出器

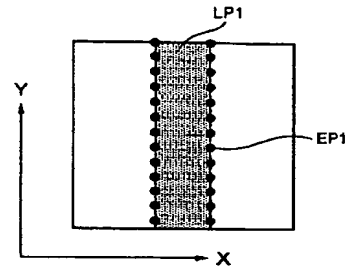
90 スキャンコンバータ

100 電圧制御部

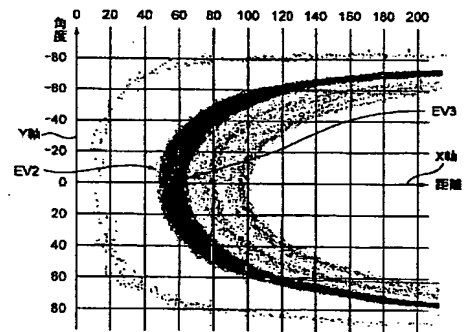
【図1】



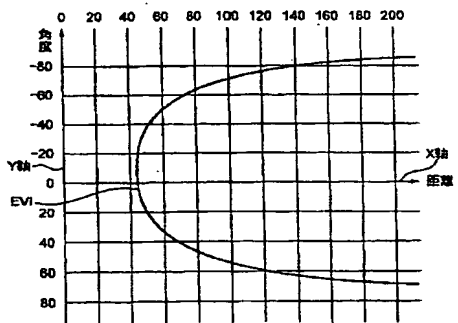
【図3】



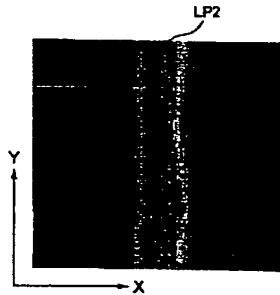
【図6】



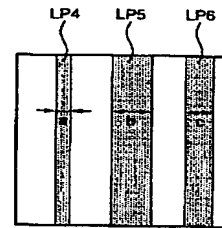
【図4】



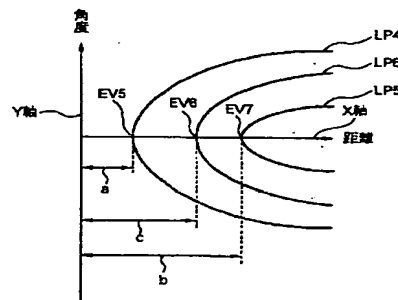
【図5】



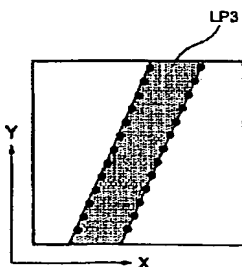
【図9】



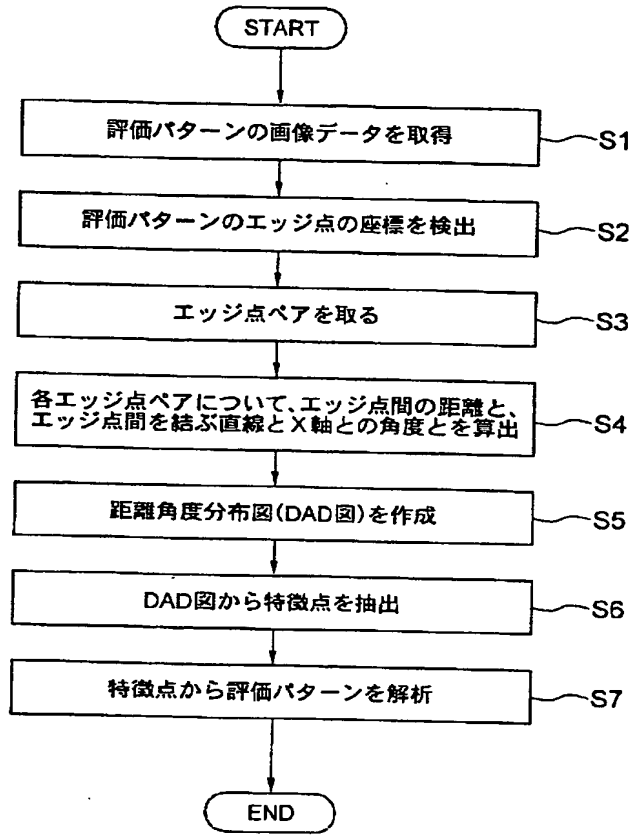
【図10】



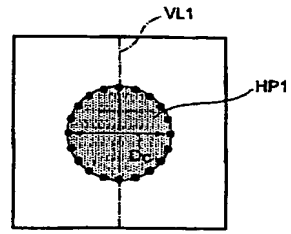
【図7】



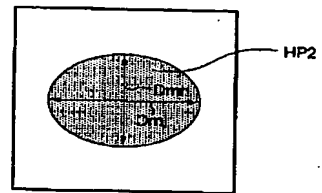
【図2】



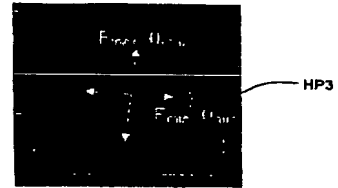
【図11】



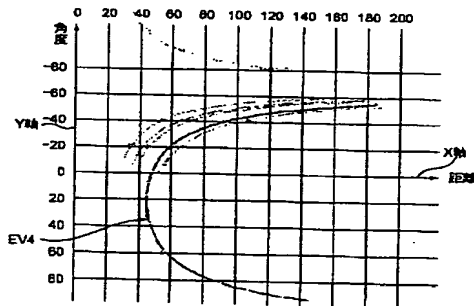
【図13】



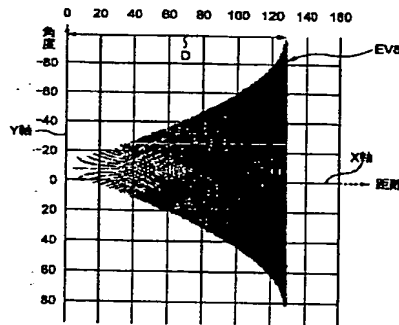
【図15】



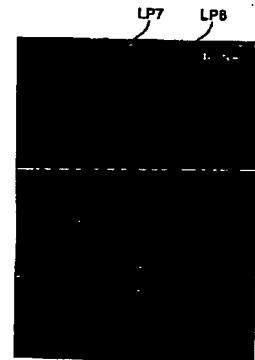
【図8】



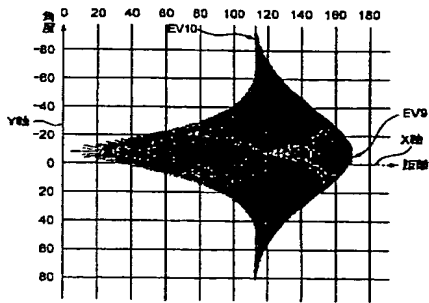
【図12】



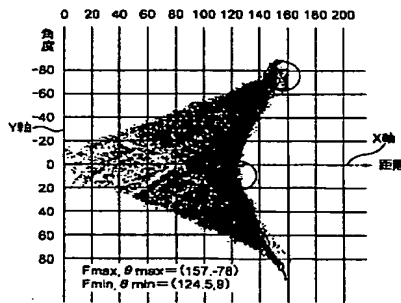
【図18】



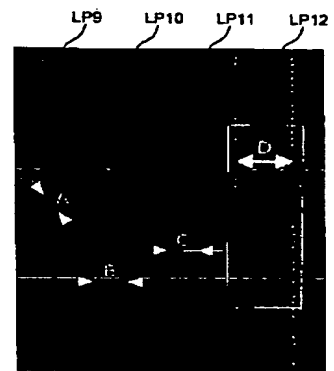
【図14】



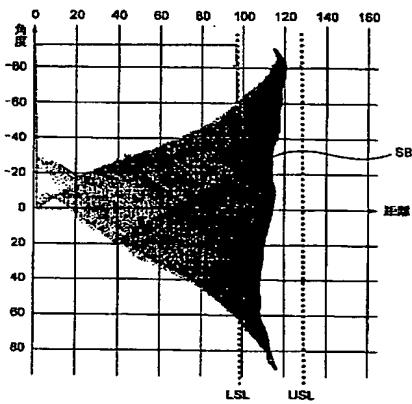
【図16】



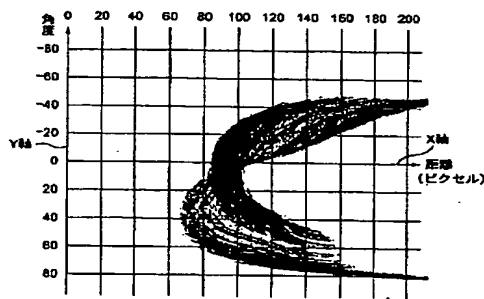
【図21】



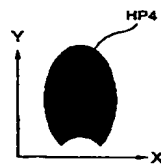
【図17】



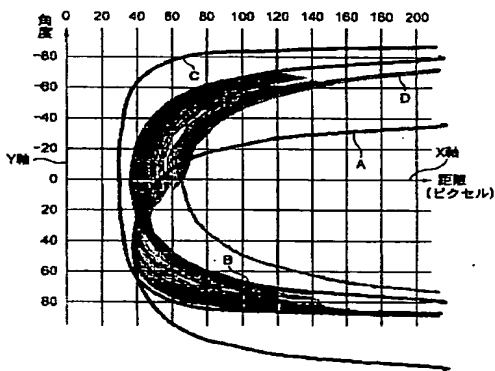
【図19】



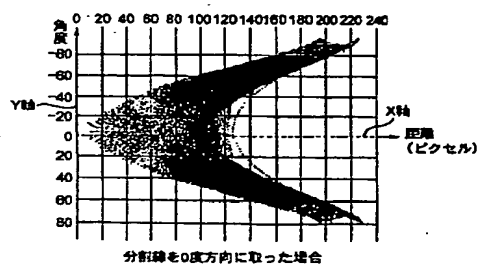
【図22】



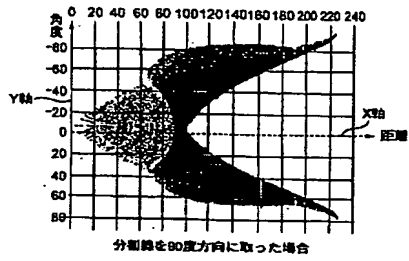
【図20】



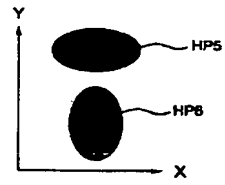
【図23】



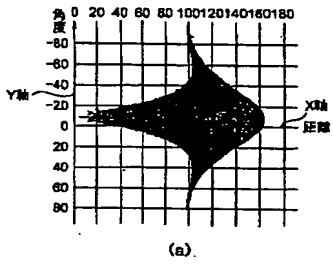
【図24】



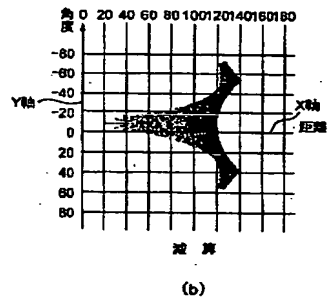
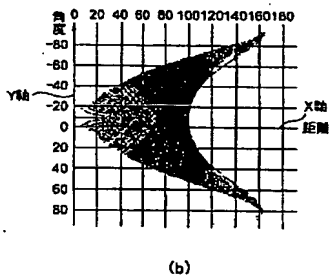
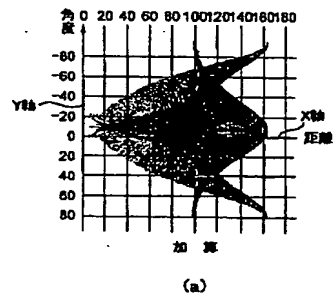
【図25】



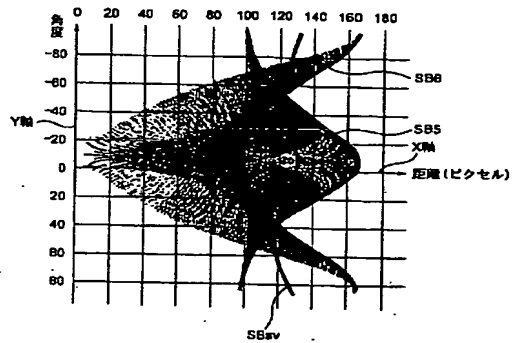
【図26】



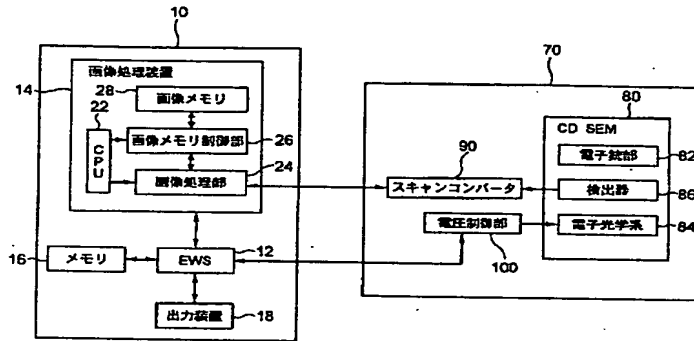
【図27】



【図28】



【図29】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7
G 0 6 T 7/00

識別記号
3 0 0

F I
G 0 6 T 7/00

ターマコード (参考)
3 0 0 F

Fターム (参考) 2F069 AA15 AA31 AA49 AA57 AA64
 AA74 BB15 BB40 DD15 DD30
 GG07 GG72 NN00 NN09 NN26
 PP01
 5B057 AA03 CA12 CA16 CB06 CB12
 CB17 CC01 CE12 CE15 DA03
 DB02 DB08 DC05 DC36
 5L096 AA06 BA03 DA02 EA23 EA28
 FA06 FA67 FA68 FA79 JA11